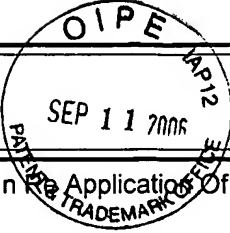


IFW



**TRANSMITTAL LETTER
(General - Patent Pending)**

Docket No.
2794

In Re Application Of: **GROSS, K., ET AL**

Application No.	Filing Date	Examiner	Customer No.	Group Art Unit	Confirmation No.
10/755,140	01/09/2004		278		

Title: **METHOD OF AND APPARATUS FOR CONTROLLING DRIVING OF A GRIPPING DEVICE TO A MOVABLE PIECE MATERIAL**

COMMISSIONER FOR PATENTS:

Transmitted herewith is:

CERTIFIED COPY OF THE PRIORITY DOCUMENT # 103 00 606.0

in the above identified application.

- ☒ No additional fee is required.
- ☐ A check in the amount of _____ is attached.
- ☐ The Director is hereby authorized to charge and credit Deposit Account No. _____ as described below.
 - ☐ Charge the amount of _____
 - ☐ Credit any overpayment.
 - ☐ Charge any additional fee required.
- ☐ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.

WARNING: Information on this form may become public. Credit card information should not be included on this form. Provide credit card information and authorization on PTO-2038.


Signature

Dated: 09/07/2006

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the "Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450" [37 CFR 1.8(a)] on

09/07/2006

(Date)


Signature of Person Mailing Correspondence

MICHAEL J. STRIKER

Typed or Printed Name of Person Mailing Correspondence

CC:

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

 Aktenzeichen:

103 00 606.0

Anmeldetag:

10. Januar 2003

Anmelder/Inhaber:

Bosch Rexroth AG, 70184 Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Steuereinrichtung zum Anfahren einer Greifvorrichtung an ein sich bewegendes Stückgut

IPC:

B 25 J, G 05 B

 Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Juli 2004

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Schäfer



Zusammenfassung

5 Verfahren und Steuereinrichtung zum Anfahren eines Roboters
an ein sich bewegendes Stückgut.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anfahren an ein sich
bewegendes Stückgut über einen Anfahrtsweg, wobei sich eine
Anfahrposition des Stückgutes innerhalb eines Anfahrbereiches
10 befindet, wobei in einem ersten Berechnungsschritt Steuer-
datensätze im Voraus berechnet werden, wobei die Steuerdaten-
sätze einen Verfahrenssatz enthalten, der Wegstücke umfasst,
die den Anfahrtsweg für eine Anfahrposition abbilden, wobei bei
dem ersten Berechnungsschritt für den Verfahrenssatz von einer
15 ersten festgelegten Anfahrposition des Stückgutes ausgegangen
wird, wobei der Verfahrenssatz zur ersten festgelegten Position
des Stückgutes bezüglich der Anfahrgeschwindigkeit optimiert
wird, wobei unmittelbar vor dem Starten der Bewegung für
jedes Wegstück die aktuelle Anfahrposition des Stückgutes
20 ermittelt wird und ein zweiter Berechnungsschritt durchge-
führt wird, bei dem das jeweils aktuell abzufahrende Wegstück
abhängig von der ermittelten aktuellen Position des Stück-
gutes so verändert wird, so dass der Anfahrtsweg in Richtung
der Anfahrposition verschoben wird, wobei eine Anfahrbewegung
durch Abfahren des in dem zweiten Berechnungsschritt
ermittelten Wegstückes durchgeführt wird.

30

Figur 1

5 Verfahren und Steuereinrichtung zum Anfahren einer Greifvor-
richtung an ein sich bewegendes Stückgut

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anfahren an ein sich
bewegendes Stückgut über einen Anfahrtsweg und eine Steuerein-
richtung zur Steuerung der Bewegung einer Greifvorrichtung.

15 Eine im Herstellungsprozess häufig vorkommender Vorgang ist
das Greifen eines sich auf einem Förderband bewegenden
Stückguts mithilfe einer Greifvorrichtung, wie ein Roboterarm
oder dergleichen. Eine solche Greifvorrichtung wird durch
eine Steuereinrichtung gesteuert, die den Anfahrtsweg durch
eine Punkt zu Punkt-(PTP)-Interpolation zeitlich optimiert,
d.h. den Anfahrtsweg zum schnellstmöglichen Anfahren des
Stückgutes auslegt.

20

Die Berechnung eines Steuerdatensatzes, der die Bewegung
der Greifvorrichtung vorgibt, wird in Echtzeit durchgeführt,
d.h. unmittelbar vor dem Start der Anfahrbewegung bzw.
während der Anfahrbewegung. Ist ein Steuerdatensatz ab-
gearbeitet, d.h. der Roboterarm hat das angesteuerte Stückgut
erreicht, können in Echtzeit der nächste Steuerdatensatz
berechnet werden, der beispielsweise auch andere Infor-
mationen, wie die Ausgabe von Signalen zur Überwachung, die
Steuerung des Aufnahme- oder Abgabevorgangs des Stückguts und
30 anderes umfassen kann.

Die Berechnung dieser Vorgänge benötigt Rechnerzeit und kann
die Aufnahmevorgänge der Greifvorrichtung unterbrechen, so
dass dessen Bewegung ruckartig werden.

35

Da das Stückgut in der Regel chaotisch auf dem Förderband aufliegt, kann man vor dem Anfahren des Stückgutes nicht, oder nur unter erheblichem zeitlichen Aufwand ermitteln, wie lange die Anfahrbewegung dauert und an welcher Stelle die Anfahrposition des anzufahrenden Stückguts liegt.

Aus diesem Grunde kann eine Vorausberechnung einer solchen Anfahrbewegung nicht optimal durchgeführt werden, so dass das Stückgut nicht geschwindigkeits- und bewegungsoptimal band-synchron angefahren werden kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, auf einem Förderband bewegtes Stückgut in zeitlich optimaler Weise anzufahren.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1, sowie durch die Steuereinrichtung nach Anspruch 8 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Anfahren an ein sich bewegendes Stückgut über einen Anfahrtweg vorgesehen. Das Stückgut weist dabei eine Anfahrposition auf, die sich innerhalb eines Anfahrbereichs befindet. In einem ersten Berechnungsschritt werden Steuerdatensätze im voraus berechnet. Die Steuerdatensätze dienen zur gesamten Steuerung der Anfahrbewegungen z.B. eines Roboterarms, sowie allen sonstige Funktionen, die zur Überwachung der Betriebsfunktionen oder ähnliches notwendig sind. Für die Anfahrbewegung weisen die Steuerdatensätze einen Verfahrenssatz auf, der den Anfahrtweg zu einer Anfahrposition beschreibt. Bei dem ersten Berechnungsschritt wird bei der Berechnung des Verfahrenssatzes von einer festgelegten Anfahrposition des Stückgutes ausgegangen.

Dabei wird der Verfahrenssatz zur festgelegten Auffahrposition des Stückgutes bezüglich der Anfahrgeschwindigkeit optimiert. Unmittelbar vor dem Starten der Anfahrbewegung gemäß des Verfahrenssatzes wird die aktuelle Anfahrposition des Stückgutes ermittelt und ein zweiter Berechnungsschritt durchgeführt, bei dem der aktuelle Verfahrenssatz abhängig von der ermittelten aktuellen Anfahrposition so verändert wird, dass der Anfahrweg in Richtung der aktuellen Anfahrposition geändert wird.

- 10 Die Anfahrbewegung wird dann durch Abfahren der in dem zweiten Berechnungsschritt ermittelten Verfahrenssatzes durchgeführt.

- 15 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden also Steuerdatensätze im voraus berechnet, so dass diese beim Abarbeiten bereits so zur Verfügung stehen, dass Rechenzeit unmittelbar vor dem Abarbeiten des jeweiligen Vorgangs eingespart werden kann. Bei der Vorausberechnung von Verfahrenssätzen, die eine Anfahrbewegung an ein Stückgut vorgeben, ist es jedoch nicht
20 möglich, die Position, an der sich das Stückgut zum Ende der vorausberechneten Anfahrbewegung befinden wird, vorherzubestimmen. Dadurch ist die Vorausberechnung der Verfahrenssätze für Anfahrbewegungen nicht optimal.

- 5 Aus diesem Grunde ist vorgesehen, dass vor dem Durchführen einer Anfahrbewegung gemäß des Verfahrenssatzes eine erneute Berechnung des Verfahrenssatzes gemäß der aktuellen ermittelten Anfahrposition des Stückguts durchgeführt wird. Mithilfe des neu berechneten Verfahrenssatzes kann dann das Stückgut angefahren werden. Da die Steuerdatensätze für Vorgänge, die nach
30 diesem Verfahrenssatz stattfinden, bereits im voraus berechnet wurden, kann nach dem Erreichen der betreffenden Anfahrposition für das Stückgut unmittelbar der nächste Steuerdatensatz abgearbeitet werden, ohne dass eine Berechnung
35 bzw. eine Ermittlung des jeweiligen darauffolgenden Steuerdatensatzes notwendig ist.

Dadurch kann Zeit eingespart werden, so dass die Steuerdatensätze wie z.B. die Verfahrssätze und oder Datensätze bezüglich Aufnahme- bzw. Abgabevorgänge des Stückguts im Wesentlichen unmittelbar nacheinander durchgeführt werden können.

5

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Steuerdatensätze den ersten Verfahrssatz für die erste Anfahrposition und einen zweiten Verfahrssatz für eine zweite Anfahrposition enthalten, die mithilfe des ersten Berechnungsschritts im voraus

10

berechnet werden, wobei der erste und der zweite Verfahrssatz Wegstücke umfassen, die einen Anfahrweg zur ersten oder zweiten Anfahrposition abbilden. Vor dem Erreichen einer Endposition des ersten Verfahrssatzes wird zumindest ein erstes Wegstück des zweiten Verfahrssatzes berücksichtigt,

15

um einen ruckfreien Übergang der Anfahrbewegung von dem ersten Verfahrssatz zu dem zweiten Verfahrssatz zu gewährleisten.

Auf diese Weise kann ein sogenanntes Überschleifen der

20

Verfahrbewegungen vorgenommen werden, wobei bei der Verfahrbewegung zu der ersten Anfahrposition bereits der zweite Verfahrssatz berücksichtigt wird, so dass möglichst geringe Beschleunigungen auf die Greifvorrichtung einwirken, so dass die Anfahrbewegungen möglichst ruckfrei und geschwindigkeits-optimal erfolgen.

5

Dieses sogenannte Überschleifen kann auch mit Verfahrssätzen durchgeführt werden, die durch den ersten Berechnungsschritt berechnet worden sind.

30

Die Abweichung, die sich aus der un-genaueren Berechnung der Position des Stückguts ergibt, kann für die Berechnung des Überschleifens vernachlässigt werden, so dass die durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Verfügung gestellte Voraus-

berechnung der Verfahrssätze einerseits die Bewegung der

Greifvorrichtung sanfter macht, indem hohe Beschleunigungen vermieden werden, und andererseits schneller,

35

da die Steuerdatensätze im voraus berechnet worden sind, so dass die Steuerdatensätze in unmittelbarer Folge nacheinander abgearbeitet werden können.

- 5 Vorzugsweise ist vorgesehen, dass bei dem zweiten Berechnungsschritt das jeweils aktuelle abzufahrende Wegstück abhängig von der ermittelten aktuellen Anfahrposition des Stückguts verändert wird, indem der Endpunkt des Wegstücks um einen von der aktuellen Anfahrposition des Stückguts
- 10 abhängigen Winkels verschoben wird.
- Auf diese Weise können die in dem ersten Berechnungsschritt ermittelten Wegstücke des Verfahrensatzes im Wesentlichen für eine Weiterberechnung verwendet werden, wobei die Wegstücke des Verfahrensatzes lediglich um einen von der aktuellen
- 15 Anfahrposition des Stückguts abhängigen Weg korrigiert werden. Damit ist es möglich, die Berechnung des Verfahrensatzes in dem zweiten Berechnungsschritt gegenüber der Erstberechnung des Verfahrensatzes erheblich abzukürzen, so dass möglichst wenig Zeit bei der Berechnung des Verfahrensatzes in
- 20 dem zweiten Berechnungsschritt benötigt wird.

Es kann vorgesehen sein, dass bei dem zweiten Berechnungsschritt das jeweils aktuelle abzufahrende Wegstück abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit des Stückguts verändert wird, indem die Geschwindigkeit des Wegstücks über dem gesamten Verfahrensatz so berücksichtigt wird, dass ein ruckfreies Anfahren und Abbremsen der Anfahrbewegung ermöglicht wird.

- 30 ~~Dies hat den Vorteil, dass bei Berechnung des Verfahrensatzes für die aktuelle Anfahrposition die Bewegung des aufzunehmenden Stückguts mit berücksichtigt werden kann, so dass zum Zeitpunkt des Aufnehmens der Greifvorrichtung mit dem aufzunehmenden Stückgut mitbewegt wird.~~

Um eine möglichst ruckfreie Anfahrbewegung zu ermöglichen, kann vorgesehen sein, dass die Geschwindigkeit des Stückguts sinusquadratisch über den gesamten Verfahrssatz berücksichtigt wird, so dass in einem Anfangsbereich und in einem Endbereich eine geringere Geschwindigkeit des Stückguts in dem zweiten Berechnungsschritt berücksichtigt wird.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass bei mehreren Verfahrssätzen, die mithilfe des ersten Berechnungsschritts vorberechnet worden sind, der Verfahrssatz für ein sich bewegendes Stückgut nicht in einer Anfahrbewegung umgesetzt wird, wenn sich in dem zweiten Berechnungsschritt ergibt, dass die Anfahrbewegung das jeweilige sich bewegendes Stückguts nicht rechtzeitig innerhalb des Anfahrbereichs erreicht. Auf diese Weise wird das Starten einer Anfahrbewegung vermieden, wenn schon vor dem Starten der Anfahrbewegung erkannt wird, dass das sich bewegendes Stückguts nicht mehr innerhalb des Anfahrbereichs erreicht werden kann. Auf diese Weise kann Zeit eingespart werden, die für einen vergeblichen Versuch, das Stückgut aufzunehmen, aufgewendet werden müsste. Zur Definition des Anfahrbereichs kann eine zweite Position des betreffenden Stückguts definiert werden, wobei der Verfahrssatz in dem zweiten Berechnungsschritt nicht berechnet wird, wenn sich das betreffende Stückguts in der Bewegungsrichtung hinter der zweiten Position befindet.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Steuereinrichtung zum Steuern einer Anfahrbewegung einer Anfahrvorrichtung für sich bewegendes Stückgüter vorgesehen.

~~Die Anfahrposition, d.h. die Zielposition der Anfahrbewegung~~ ist innerhalb eines Anfahrbereichs gemäß einem Verfahrssatz anfahrbar. Die Steuereinrichtung weist ein erstes Berechnungsmittel auf, um Steuerdatensätze in einem ersten Berechnungsschritt vorzuberechnen. Die Steuerdatensätze umfassen mindestens einen Verfahrssatz, der ausgehend von einer ersten festgelegten Anfahrposition des Stückguts im Voraus berechnet wird. Der Verfahrssatz beschreibt den An-

fahrweg, wobei der berechnete Verfahrsatz zur festgelegten Anfahrposition des Stückguts bezüglich der Anfahrgeschwindigkeit optimiert ist. Die Steuereinrichtung weist weiterhin ein Detektorsystem auf, um die aktuelle Position des Stückguts im Anfahrbereich zu ermitteln. In einem zweiten Berechnungsmittel wird unmittelbar vor dem Starten der Anfahrbewegung eine Weiterberechnung für den Verfahrsatz in einem zweiten Berechnungsschritt durchgeführt, bei dem der aktuelle Verfahrsatz abhängig von der ermittelten aktuellen Position des Stückguts so verändert wird, dass der Anfahrweg in Richtung der Anfahrposition korrigiert wird. Mithilfe eines Steuerelementes wird die Anfahrbewegung durch Abfahren des in dem zweiten Berechnungsschritt korrigierten Verfahrsatzes gesteuert.

Auf diese Weise kann eine Steuereinrichtung bereitgestellt werden, mit der das erfindungsgemäß Verfahren durchführbar ist. Mithilfe des ersten und zweiten Berechnungsmittels lassen sich Verfahrsätze bzw. Steuerdatensätze berechnen. Durch das Vorausberechnen der Steuerdatensätze kann die Zeit zur Durchführung eines Vorgangs verringert werden, da der Zeitaufwand einer Berechnung unmittelbar vor dem entsprechenden Vorgang des jeweiligen Steuerdatensatzes bzw. des Verfahrsatzes geringer ist.

Vorzugsweise sind das erste und/oder zweite Berechnungsmittel so gestaltet, um beim Übergang von dem ersten Verfahrsatz zu einem zweiten Verfahrsatz Wegstücke des ersten Verfahrsatzes mit Wegstücken des zweiten Verfahrsatzes so miteinander zu berechnen, dass ein im Wesentlichen ruckfreier Übergang von der Bewegung des ersten Verfahrsatz zu der Bewegung des zweiten Verfahrsatzes erreicht wird. Dieser Vorgang des sogenannten Überschleifens ermöglicht zum einen eine ruckfreie Bewegung des Bearbeitungsgerätes und zum anderen verringert er die Zeit, die zum Anfahren der Anfahrpositionen benötigt wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird im

Folgenden anhand der beigegeführten Zeichnungen näher erläutert.
Es zeigen:

Figur.1 ein Bearbeitungsgerät zum Greifen von sich auf einem Förderband bewegenden Stückgut;

Figur 2 den Anfahrbereich des Bearbeitungsgeräts; und

Figuren 3a, 3b Flussdiagramme zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Figur 1 ist ein Robotersystem zum Aufnehmen von auf einem sich bewegenden Förderband 2 beliebig angeordneten Stückgut 3 dargestellt. Das Robotersystem weist einen Roboterarm 1 auf, der mehrere schwenk- und/oder drehbare Arme 4 aufweist. Die Arme 4 sind so miteinander verbunden, dass ein Greifelement 5 an einem Ende des Roboterarms 1 innerhalb eines Anfahrbereiches jede beliebige Position anfahren kann.

Das Greifelement 5 ist so gestaltet, dass es ein Stückguts 3 aufnehmen kann und während einer Verbahrbewegung halten kann. Das Greifelement 5 kann dazu mit einer Greifklaue und/oder einem magnetischen Haltesystem ausgestattet sein. Auch ein anderes Aufnahmesystem ist denkbar, wie eine Sauger o.ä.

Der Roboterarm 1 hat die Aufgabe, das Stückgut 3 von dem sich bewegenden Förderband 2 aufzunehmen und z.B. zu einer Palletierposition zu transportieren. In der Palletierposition werden die Stückgüter 3 gestapelt und für einen weiteren nachfolgenden Bearbeitungsschritt bereit gehalten. Die Bewegung des Roboterarms 1 wird durch ein Steuerelement 12 in einer Steuereinrichtung 6 gesteuert. Das Steuerelement 12 kontrolliert die Bewegungen des Roboterarms 1 gemäß bereitgestellter Steuerdaten, so dass der Roboterarm 1 eine von dem Steuerelement 12 vorgegebene Anfahrposition anfahren kann.

Damit der Roboterarm 1 die Anfahrposition so schnell wie

möglich anfährt, wird der Anfahrweg gemäß einer PTP-Interpolation (Point-to-Point-Interpolation) optimiert. Bei der PTP-Interpolation wird der Anfahrweg in eine Anzahl von Wegstücken unterteilt, wobei diese hinsichtlich der

5 Anfahrsgeschwindigkeit optimiert sind. Beim Optimieren der Anfahrsgeschwindigkeit werden die entsprechenden Stellglieder der Arme 4 mit Maximalwerten angesteuert, so dass diese schnellstmöglich, d.h. mit maximal möglichen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten in die vorgegebene Lage bewegt werden.

10 Alle beteiligten Achsen starten und beenden ihre Bewegung gleichzeitig. Die Bewegung wird auf die schwächste Achse ausgelegt.

Die Stellgrößen, die an dem Roboterarm 1 angelegt werden, um

15 das Greifelement 5 von einer Startposition zu einer Anfahrposition zu verfahren, bilden einen Verfahrssatz. Vor dem Durchführen einer Verfahrbewegung berechnet die Steuereinrichtung 6 den Verfahrssatz und legt die entsprechenden Stellgrößen an den Roboterarm 1 zu definierten Zeitpunkten

20 an, so dass die Verfahrbewegung durchgeführt wird.

Zur Überwachung der Funktion des Robotersystems müssen nach dem Anfahren einer Position Signale von der Steuereinrichtung an ein Überwachungssystem 7 weitergegeben werden. Dazu werden ebenfalls in der Steuereinrichtung 6 Steuerdatensätze generiert, die beispielsweise eine Signalausgabe vorbereiten können, die vorsieht, dass ein oder mehrere Überwachungssignale nach dem Anfahren des Stückguts 3 an die Überwachungseinheit 7 ausgegeben werden.

30

Um Zeit bei den Anfahrbewegungen des Roboterarms 1 einzusparen, ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung ein erstes Berechnungsmittel aufweist, um Steuerdatensätze, wie Verfahrssätze oder Signalausgabedaten vorzuberechnen, und

35 diese in einer Speichereinheit 9 zu speichern. In der Speichereinheit 9 sind dann für die nächsten Anfahrbewegungen des Roboterarms 1 Verfahrssätze gespeichert, wobei zwischen

den Verfahrssätzen weitere Steuerdatensätze vorgesehen sein können, um beispielsweise Signalausgaben an die Überwachungseinheit 7 zu steuern und weitere Berechnungen durchzuführen.

- 5 Die in der Speichereinheit 9 gespeicherten Steuerdatensätze werden nun nacheinander abgearbeitet, d.h. es wird mithilfe eines Verfahrssatzes eine Anfahrbewegung des Roboterarms 1 durchgeführt. Nachdem die Anfahrposition erreicht worden ist, wird gemäß eines weiteren Verfahrssatzes ein Aufnahme- oder
10 ein Abgabevorgang durchgeführt und eventuell gemäß eines oder mehrerer weiterer Steuerdatensätze Signalausgaben oder ähnliches durchgeführt, bevor gemäß dem darauffolgenden Verfahrssatz eine nächste Anfahrbewegung des Roboterarms 1 gesteuert wird. Durch diese Vorausberechnung lässt sich
15 zwischen den einzelnen Vorgängen Rechenzeit einsparen, so dass der Roboterarm 1 im Wesentlichen ohne Wartezeiten bewegt wird.

- Aufgrund vielfältiger Einflüsse auf den Roboterarm 1 bzw. da
20 die Lage der Stückgüter beliebig ist, ist es nur schwer möglich, die Zeitdauer zur Abarbeitung eines der Steuerdatensätze, insbesondere der Verfahrssätze im voraus zu ermitteln. Aus diesem Grunde ist es hinsichtlich der Verfahrssätze, die eine Anfahrbewegung des Roboterarms 1 angeben, nicht oder nur
25 schwer möglich, den Verfahrssatz hinsichtlich einer genauen Anfahrposition exakt im voraus zu berechnen. Aus diesem Grunde muss vor dem Start der Anfahrbewegung an eine Anfahrposition gemäß des gerade aktuellen Verfahrssatzes eine zweite Berechnung mithilfe eines zweiten Berechnungsmittels 10
30 durchgeführt werden, die den jeweiligen Verfahrssatz erneut hinsichtlich der aktuellen Position des Stückguts auf dem Förderband 2 berechnet.

- Die aktuelle Position des Stückguts 3 auf dem Förderband 2
35 wird mithilfe eines Positionserkennungssystems 11 festgestellt, die die genauere absolute Position des Stückguts 3

auf dem Förderband 2 bestimmt. Mithilfe des zweiten Berechnungsmittels 10 wird dann der jeweilige Verfahrenssatz so berechnet, dass die Anfahrposition des Roboterarms 1 der Position des anzufahrenden Stückguts 3 zu dem Zeitpunkt entspricht, an dem das Greifelement 5 die Anfahrposition voraussichtlich erreichen wird. Dann erreicht das Greifelement 5 des Roboterarms 1 die Anfahrposition genau zu dem Zeitpunkt, zu dem auch das anzufahrende Stückguts 3 in der Anfahrposition angekommen ist.

Um die Neuberechnung des aktuellen Verfahrenssatzes kurz vor dem Start der Anfahrbewegung gemäß des Verfahrenssatzes zu beschleunigen, ist es sinnvoll, die Berechnung dieses Verfahrenssatzes so definiert durchzuführen, dass auf Grundlage des vorberechneten Verfahrenssatzes die Berechnung des Verfahrenssatzes in dem zweiten Berechnungsschritt beschleunigt werden kann. Dazu wird die Berechnung des Verfahrenssatzes in dem ersten Berechnungsschritt bezüglich einer vorbestimmten Grundposition durchgeführt.

In Figur 2 ist der Anfahrbereich 15 des Roboterarms 1 dargestellt. Der Anfahrbereich umfasst den Bereich, innerhalb dem das Greifelement 5 an jede beliebige Position gefahren werden kann. Durch den Anfahrbereich 15 verläuft das Förderband 2, auf dem das anzufahrende Stückgut 3 transportiert wird. Die Berechnung des Verfahrenssatzes gemäß dem ersten Berechnungsschritt wird bezüglich einer Grundposition GP durchgeführt, d.h. der erste Berechnungsschritt wird durchgeführt, als befände sich die Anfahrposition in der Grundposition GP.

Im zweiten Berechnungsschritt, der unmittelbar vor dem Start der Anfahrbewegung an das betreffende Stückgut durchgeführt wird, wird lediglich die ermittelte Position des aktuell anzufahrenden Stückguts 3 in Bezug auf die Grundposition GP berücksichtigt. D.h. die Anfahrposition ist um einen

bestimmten Betrag Δy gegenüber der Grundposition GP in Bewegungsrichtung des Förderbands 2 verschoben. Im zweiten Berechnungsschritt wird daher ausgehend von dem Verfahrenssatz, der in dem ersten Berechnungsschritt berechnet worden ist und mithilfe des Differenzwertes Δy ein modifizierter neuer Verfahrenssatz berechnet, der von einer exakten Anfahrposition ausgeht, so dass bei Durchführen der Anfahrbewegung der Roboterarm 1 und das betreffende Stückgut 3 die Anfahrposition zur gleichen Zeit erreicht wird. Im zweiten Berechnungsschritt wird der Endpunkt von Δy verschoben.

Es ist vorgesehen, dass die Bandgeschwindigkeit zu den Wegstücken des Verfahrenssatzes in geeigneter Weise aufaddiert wird.

Um eine möglichst ruckfreie Beschleunigungs- und Abbremsbewegung des Roboterarms 1 zu erreichen, ist es möglich, die Bandgeschwindigkeit des Förderbands 2 sinusquadratisch in den Wegstücken des vorausberechneten Verfahrenssatzes zu berücksichtigen bzw. zu den Wegstücken aufzuaddieren.

Im Wesentlichen wird für jedes Stückgut 3, das durch das Detektionssystem 11 erkannt worden ist, ein Verfahrenssatz vorbereitet und in einer berechneten günstigen Reihenfolge in dem Speicherelement 9 gespeichert. Wird zu Beginn des zweiten Berechnungsschritts erkannt, dass das Stückgut sich bereits so weit in dem Anfahrbereich 15 befindet, d.h. der Differenzwert Δy so groß geworden ist, dass das Stückgut mit einer Anfahrbewegung wahrscheinlich nicht mehr erreicht werden kann, so wird der Verfahrenssatz verworfen und der nächste

Steuerdatensatz, der als nächstes im Speicherelement 9 gespeichert ist, gesprungen. Die Entscheidung, ob der jeweilige Verfahrenssatz verworfen wird, wird getroffen, wenn sich das Stückgut hinter einer Beginnngrenzposition BG befindet. D.h., ist zu Beginn des zweiten Berechnungsschrittes für den jeweiligen Verfahrenssatzes des betreffenden Stückguts 3 das betreffende Stückgut bereits hinter der

Beginngrenz-position BG, so wird der zweite Berechnungsschritt mit dem betreffenden Verfahrenssatz nicht durchgeführt.

5 Ergibt der zweite Berechnungsschritt eine geschätzte Anfahrzeit, nach der sich das zu greifende Stückgut 3 hinter einer Ende-Position E befinden würde, so wird der zweite Berechnungsschritt bezüglich dieses Verfahrenssatzes ebenfalls abgebrochen. Auf diese Weise wird vermieden, dass in dem
10 zweiten Berechnungsschritt Verfahrenssätze berechnet werden, bei denen die zugehörige Anfahrbewegung das betreffende Stückgut nicht mehr rechtzeitig innerhalb des Anfahrbereichs antreffen würde.

15 Um eine weitere Geschwindigkeitsverbesserung bei den Anfahrbewegungen des Roboterarms 1, sowie eine erhöhte Ruckfreiheit zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass bei dem zweiten Berechnungsschritt in dem zweiten Berechnungsmittel 10 Wegstücke des aktuellen Verfahrenssatzes so mit einem Teil oder allen Wegstücken des nächsten Verfahrenssatzes verrechnet
20 werden, dass ein abgerundeter Übergang zwischen der Anfahrbewegung der aktuellen Anfahrposition zur Anfahrbewegung der nächsten Anfahrposition erreicht wird. Diesen Prozess nennt man Überschleifen, und er vermindert Beschleunigungen, die durch eine abrupte Richtungsänderung des Roboterarms 1 auftreten. Das Überschleifen wird durchgeführt, indem bei dem zweiten Berechnungsschritt die Wegstücke nahe der Anfahrposition bereits mit Wegstücken des darauffolgenden Verfahrenssatzes beaufschlagt werden, so dass insbesondere die
30 Richtung, in der das Greifelement 5 an das zu greifende Stückgut 3 angefahren wird, bereits in die Richtung, mit der die nächste Anfahrposition angefahren wird, verschoben ist. Darüber hinaus kann das Überschleifen so durchgeführt werden, dass die Anfahrbewegung bei der Anfahrposition nicht vollständig an die Geschwindigkeit des Stückguts 3 angepasst ist,
35 sondern dass das Aufnehmen oder Abgeben des Stückguts 3 im Wesentlichen im Vorbeigehen erfolgt, so dass ein zeitaufwändiges Bremsen und Wiederbeschleunigen des Roboterarms 1

entfällt. Dadurch kann weitere Zeit bei der Abarbeitung der
Verfahrensätze gespart werden.

In den Figuren 3a, 3b sind Flussdiagramme zur Verdeutlichung
5 des erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer bevorzugten
Ausführungsform dargestellt. Das Verfahren betrifft zwei
Ebenen. Zum einen wird wie in Figur 3a dargestellt, über-
prüft, ob sich auf dem Förderband Stückgut in den Detektions-
bereich des Detektorsystems 11 hineinbewegt hat. Dies wird in
10 einem Schritt S1 überprüft.

Wurde festgestellt, dass ein Stückgut in den Detektions-
bereich bewegt worden ist, so wird deren Position in einem
Schritt S2 bestimmt. Dabei wird sowohl die x- als auch die
15 y-Position bestimmt. Die x-Position betrifft die Position des
Stückguts quer zur Bewegungsrichtung des Förderbandes 2. Die
y-Richtung entspricht der Bewegungsrichtung des Förderbandes
2. Je nach Bedarf kann auch die Ausrichtung des Stückguts 3
bezüglich des Förderbandes 2 bestimmt und als Information
20 bereitgestellt werden. Anhand dieser Koordinaten ist die
Position des Stückguts 3 auf dem Förderband 2 exakt bestimmt.

Im folgenden wird dem betreffenden, erkannten Stückgut 3 eine
Identifikationsnummer zugewiesen und diesbezüglich ein oder
mehrere zugeordnete Verfahrensätze berechnet, wobei als
y-Position des betreffenden Stückguts 3 eine Grundposition
GP angenommen wird. Falls notwendig, werden weiterhin in
dem ersten Berechnungsschritt S3 weitere Steuerdatensätze
ermittelt, die beispielsweise die Übertragung von Daten an
30 die Überwachungseinheit 7 vorsehen können. Ebenfalls können
Verfahrensätze bezüglich des Aufnehmens bzw. Ablegens des
betreffenden Stückguts 3 durch das Greifelement 5 definiert
werden.

35 Nachdem die Steuerdatensätze ermittelt worden sind, werden
diese in der Speichereinheit 9 gespeichert. Die Speicher-
einheit 9 stellt einen FIFO-Speicher dar, so dass die neu

74

generierten Steuerdatensätze zu bereits bestehenden Steuerdatensätzen angefügt werden. Das Speichern der Daten wird in einem Schritt S4 durchgeführt. Das Ermitteln der Steuerdatensätze wird für jedes erkannte Stückgut 3 auf dem Förderband 2 durchgeführt, sobald das Stückgut 3 erkannt worden ist.

In Figur 3b wird ein weiterer Verfahrensablauf zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, der im Wesentlichen zeitgleich zu dem in Figur 3a gezeigten Vorberechnungsverfahren durchgeführt wird.

Die in der Speichereinheit 9 gespeicherten Steuerdatensätze werden nun der Reihe nach abgearbeitet. In einem Schritt S10 wird der jeweils nächste Steuerdatensatz ausgelesen und in einem Schritt S11 festgestellt, ob es sich um einen Verfahrenssatz oder um einen sonstigen Datensatz handelt.

Handelt es sich um einen sonstigen Datensatz, so wird dieser in einem Schritt S12 im Wesentlichen abgearbeitet. Der sonstige Datensatz betrifft üblicherweise die Ausgabe von Signalen an die Überwachungseinheit 7 und erfordert üblicherweise keine weitere Berechnung.

Nach Bearbeitung des sonstigen Datensatzes wird zu dem Schritt S10 zurückgesprungen.

Handelt es sich um einen Verfahrenssatz, so wird in einem Schritt S13 zunächst überprüft, ob sich das Stückgut innerhalb des Anfahrbereichs 15 noch vor der Beginn-grenzposition BG befindet. Befindet es sich bereits in Bewegungsrichtung hinter der Beginn-grenzposition BG, so wird die Berechnung dieses Verfahrenssatzes abgebrochen und zu Schritt S10 zurück-gesprungen, und mit der Bearbeitung des nächsten Steuerdatensatzes begonnen.

Befindet sich das Stückgut 3 noch vor der Beginn-grenzposition BG, wird zunächst die Zeit zum Anfahren des betreffenden

15

Stückguts 3 abgeschätzt. Wird mithilfe der Geschwindigkeit des Förderbands 2 ermittelt, dass sich das Stückgut nach Ablauf dieser Zeit hinter einer Ende-Position E befindet, wird in dem Schritt S14 entschieden, den Berechnungsvorgang für den zweiten Berechnungsschritt abzubrechen und mit dem nächsten Steuerdatensatz gemäß dem Schritt S10 fortzufahren.

Ergibt die Berechnung des Schritts S14, dass das betreffende Stückgut 3 noch erreicht werden kann, so wird der vorberechnete Verfahrenssatz mithilfe der aktuellen Position des Stückguts erneut berechnet.

Bei der Berechnung im zweiten Berechnungsschritt kann auf das Ergebnis der Berechnung des Verfahrenssatzes im ersten Berechnungsschritt zurückgegriffen werden, so dass die Berechnung im zweiten Berechnungsschritt weniger Zeit benötigt, als eine Neuberechnung des gesamten Verfahrenssatzes.

Insbesondere wird bei dem zweiten Berechnungsschritt S15 der nächste in dem Speicherelement 9 gespeicherte Verfahrenssatz berücksichtigt, so dass ein Überschleifen der Anfahrbewegung des aktuellen Verfahrenssatzes zur Anfahrbewegung des nächsten Verfahrenssatz berechnet werden kann. Dass der jeweils nächste Verfahrenssatz lediglich ein vorberechneter Verfahrenssatz ist, der auf eine festgelegte Grundposition berechnet worden ist, führt bei der Berechnung des Überschleifens lediglich zu einer minimalen Abweichung. Diese kann in aller Regel vernachlässigt werden, da sie im weiteren Verlauf der Wegstücke automatisch kompensiert wird. Somit kann das Überschleifen von einer Anfahrbewegung zur nächsten Anfahrbewegung im Wesentlichen durchgeführt werden, indem für die nächste Anfahrbewegung ein auf die Grundposition GP als Anfahrsposition bezogener Verfahrenssatz verwendet wird.

Nachdem in dem zweiten Berechnungsschritt der Verfahrenssatz berechnet worden ist, wird die Verfahrbewegung gestartet, wobei der Fahrweg mithilfe der PTP-Interpolation geschwindigkeitsoptimiert ist. Nach dem Durchführen der

Verfahrbewegung in dem Schritt S16 wird zu dem Schritt S10 zurückgesprungen und der nächste Steuerdatensatz abgearbeitet.

- 5 Die Idee der Erfindung besteht darin, Steuerdatensätze im voraus zu berechnen, so dass nicht vor jedem, den aktuellen Steuerdatensatz betreffenden Vorgang eine Berechnung durchgeführt werden muss, die im Wesentlichen die Verfahrbewegung des Roboterarmes 1 bei Verfahrsätzen zeitlich verzögert..

10

Damit der Roboterarm 1 das Stückgut 3 dann exakt ansteuern kann, ist bei den Steuerdatensätzen die Verfahrsätze darstellen, eine weitere Berechnung in einem zweiten
15 Berechnungsschritt notwendig, die auf Grundlage des ersten Berechnungsschritts einen neuen Verfahrsatz generiert, um das betreffende Stückgut 3 exakt anzufahren.

20

Dadurch kann Zeit eingespart werden, da zum einen die Steuerdatensätze, die nicht Verfahrsätze sind, d.h. nicht die Bewegung des Roboterarms 1 betreffen, vorberechnet sind, und somit die Weiterberechnung im zweiten Berechnungsschritt beschleunigt werden kann, so dass die Stillstandzeiten des Roboterarms 1 reduziert werden.

30

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, das zur Berechnung des Überschleifens von einer Verfahrbewegung zur nächsten Verfahrbewegung des nächsten Roboterarms 1 bereits der nächste Verfahrsatz zur Verfügung steht, wobei bei der
30 Berechnung des Überschleifens der Verfahrsatz, der in einem ersten Berechnungsschritt bestimmt wurde, zur Ermittlung einer geeigneten Überschleifbewegung im Wesentlichen ausreicht.



35

In einer konkreten Ausführungsform kann selbstverständlich vorgesehen sein, dass die ersten und zweiten Berechnungsmittel, sowie das Steuerelement und/oder das Speicherelement in einem oder mehrere Mikrocontrollern vorgesehen sind, wobei
5 das erfindungsgemäße Verfahren als Programmcode in dem Mikrocontroller gespeichert ist bzw. dem Mikrocontroller zur Verfügung gestellt ist. Der Mikrocontroller kann über ein Netzwerk (nicht gezeigt) mit der Überwachungseinheit 7 in Verbindung stehen.

10

Die Zeiten, in denen die Vorberechnung der Steuerdatensätze stattfindet, sind entsprechend der Auslastung des Mikro-
15 controllers gelegt, so dass die Berechnung der Verfahrensätze im zweiten Berechnungsschritt im Wesentlichen unmittelbar vor der Anfahrbewegung durchgeführt wird, während die Vorberechnungen zu Zeiten vorgenommen werden, in denen der Mikrocontroller Rechenkapazität zur Verfügung hat.

Bezugszeichenliste

- 
- 
- | | |
|------------|---------------------------|
| 1 | Roboterarm |
| 2 | Förderband |
| 3 | Stückgut |
| 4 | Arme |
| 5 | Greifelement |
| 6 | Steuereinrichtung |
| 7 | Überwachungseinheit |
| 8 | erstes Berechnungsmittel |
| 9 | Speicherelement |
| 10 | zweites Berechnungsmittel |
| 11 | Positionserkennungssystem |
| 12 | Steuerelement |
| 15 | Anfahrbereich |
| GP | Grundposition |
| BG | Beginngrenzposition |
| E | Ende-Position |
| Δy | Differenzwert |

75

1. Verfahren zum Anfahren an ein sich bewegendes Stückgut (3) über einen Anfahrtsweg, wobei sich eine Anfahrposition des Stückgutes innerhalb eines Anfahrbereiches (15) befindet, wobei in einem ersten Berechnungsschritt Steuerdatensätze im Voraus berechnet werden, wobei die Steuerdatensätze einen Verfahrenssatz enthalten, der den Anfahrtsweg zu einer Anfahrposition beschreibt, wobei bei dem ersten Berechnungsschritt für den Verfahrenssatz von einer festgelegten Anfahrposition des Stückgutes ausgegangen wird, wobei der Verfahrenssatz zur ersten festgelegten Position des Stückgutes bezüglich der Anfahr Geschwindigkeit optimiert wird, wobei unmittelbar vor dem Starten der Anfahrbewegung gemäß des Verfahrenssatzes die aktuelle Anfahrposition des Stückgutes (3) ermittelt wird und ein zweiter Berechnungsschritt durchgeführt wird, bei dem der jeweils aktuelle Verfahrenssatz abhängig von der ermittelten aktuellen Anfahrposition des Stückgutes (3) so verändert wird, so dass der Anfahrtsweg in Richtung der aktuellen Anfahrposition geändert wird, wobei eine Anfahrbewegung durch Abfahren des in dem zweiten Berechnungsschritt ermittelten Verfahrenssatzes durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Verfahrenssatz eine Information über Wegstücke aufweist, die den Anfahrtsweg zu der Anfahrposition beschreibt, wobei die Wegstücke nacheinander abgefahren werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Steuerdatensätze den ersten Verfahrenssatz für die erste Anfahrposition und einen zweiten Verfahrenssatz für eine zweite Anfahrposition enthalten, die mit Hilfe des ersten Berechnungsschrittes im Voraus berechnet werden, wobei der zweite Verfahrenssatz Wegstücke umfasst,

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei bei dem zweiten Berechnungsschritt das jeweils aktuell abzufahrende Wegstück abhängig von der ermittelten aktuellen Position des Stückgutes (3) verändert wird, indem ein Endpunkt eines Wegstückes des Verfahrensatzes um einen von der aktuellen Anfahrposition des Stückgutes (3) abhängigen Weg verschoben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei bei dem zweiten Berechnungsschritt der jeweils aktuell abzufahrende Wegstück abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit des Stückgutes (3) verändert wird, indem die Geschwindigkeit des Stückgutes (3) über dem gesamten Verfahrsatz so berücksichtigt wird, dass ein ruckfreies Beschleunigen und Abbremsen der Anfahrbewegung ermöglicht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Geschwindigkeit des Stückgutes (3) sinusquadratisch über dem gesamten Verfahr-
satz berücksichtigt wird, so dass in einem Anfangsbereich
und einem Endbereich eine geringere Geschwindigkeit des
Stückgutes (3) in dem zweiten Berechnungsschritt berück-
sichtigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, wobei mehrere Verfahrenssätze mit Hilfe des ersten Berechnungsschrittes vorberechnet werden, wobei bei mehreren sich bewegenden Stückgütern (3) der/die einem sich bewegenden Stückgut (3) zugeordneten Verfahrenssätze nicht in eine Anfahrbewegung umgesetzt werden, wenn sich im dem ersten Berechnungs-

schritt ergibt, dass die Anfahrbewegung das jeweilige sich bewegende Stückgut (3) nicht rechtzeitig innerhalb des Anfahrbereiches erreicht.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das jeweilige sich bewegende Stückgut (3) nicht rechtzeitig innerhalb des Anfahrbereiches (15) erreicht wird, wenn sich das betreffende Stückgut (3) in Bewegungsrichtung hinter einer zweiten Position befindet.

10

9. Steuereinrichtung (6) zum Steuern einer Anfahrbewegung einer Anfahrvorrichtung für sich bewegende Stückgüter (3), wobei eine Anfahrposition innerhalb eines Anfahrbereiches, (15) gemäß einem Verfahrsatz anfahrbar ist, mit

15

- einem ersten Berechnungsmittel (8), um Steuerdatensätze in einem ersten Berechnungsschritt vorzuberechnen, wobei die Steuerdatensätze mindestens einen Verfahrsatz umfassen, der ausgehend von einer festgelegten Anfahrposition des Stückgutes (3) im Voraus berechnet wird,

20

wobei der Verfahrsatz den Anfahrweg beschreibt, wobei der berechnete Verfahrsatz zur festgelegten Position des Stückgutes (3) bezüglich der Anfahrsgeschwindigkeit optimiert ist, einem Detektorsystem (11), um die aktuelle Position des Stückgutes (3) zu ermitteln,

30

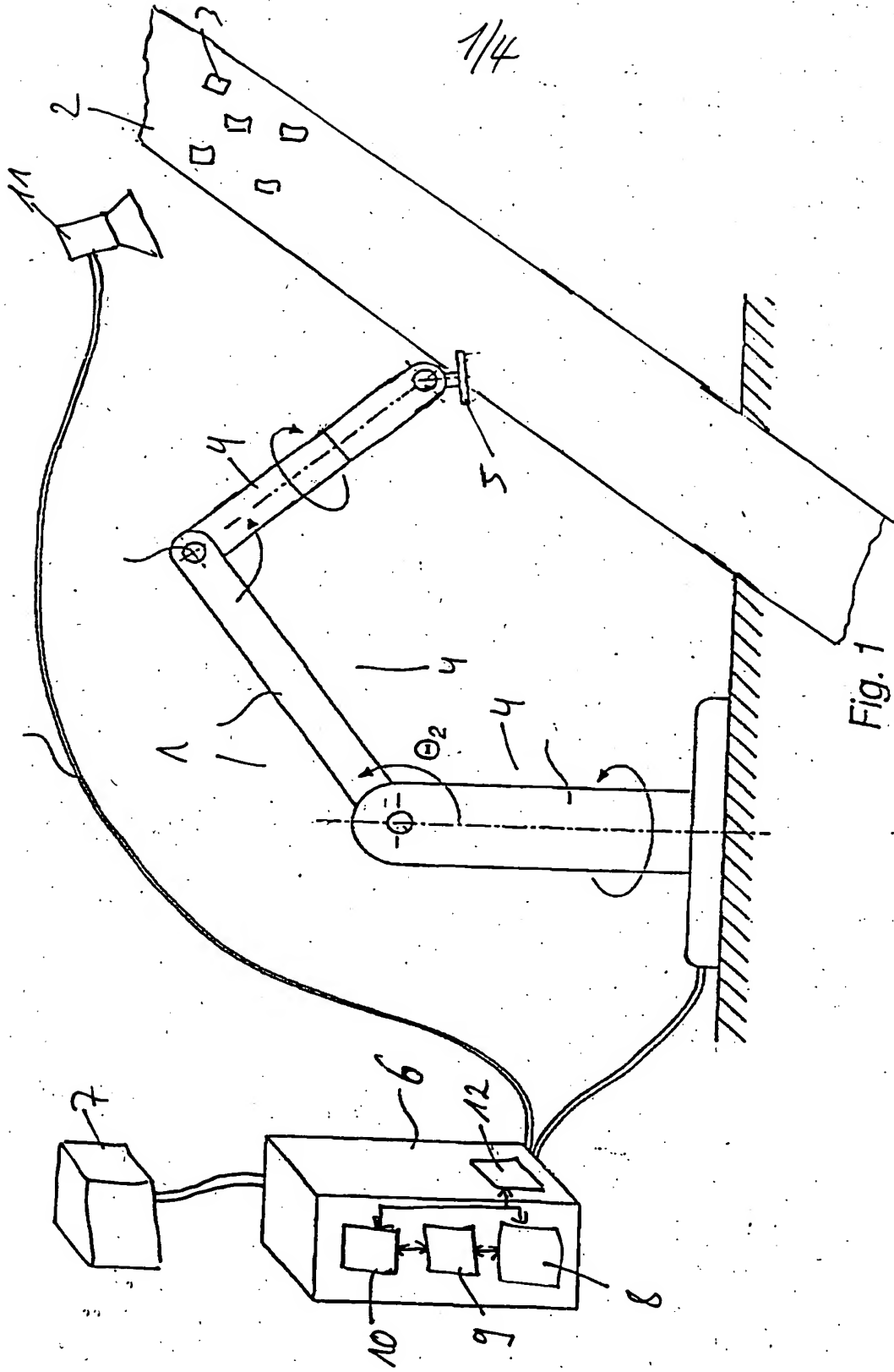
- einem zweiten Berechnungsmittel (10), um unmittelbar vor dem Starten der Anfahrbewegung eine Weiterberechnung für den Verfahrsatz in einem zweiten Berechnungsschritt durchzuführen, bei dem der aktuelle Verfahrsatz abhängig von der ermittelten aktuellen Position des Stückgutes so verändert wird, so dass der Anfahrweg in Richtung der Anfahrposition geändert wird, und

- einem Steuerelement (12), um eine Anfahrbewegung durch Abfahren des in dem zweiten Berechnungsschritt geänderten Verfahrsatzes zu steuern.

35

10. Steuereinrichtung (6) nach Anspruch 8 mit einem Speicherelement, um mehrere Verfahrsätze im Voraus zu speichern.

- 5 11. Steuereinrichtung (6) nach Anspruch 9, wobei das erste
und/oder das zweite Berechnungsmittel (8, 10) so gestaltet
sind, um beim Übergang von dem ersten Verfahrenssatz zu einem
zweiten Verfahrenssatz Wegstücke des ersten Verfahrenssatzes mit
Wegstücken des zweiten Verfahrenssatzes so miteinander zu
verrechnen, dass ein im wesentlichen ruckfreier Übergang
10 von der Bewegung des ersten Verfahrenssatzes zu der Bewegung
des zweiten Verfahrenssatzes erreicht wird.



3/4

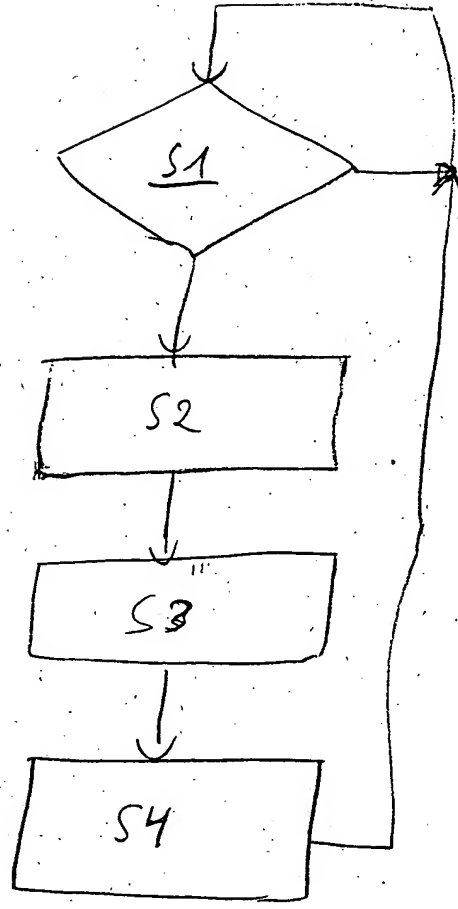


Fig. 3a

4/4

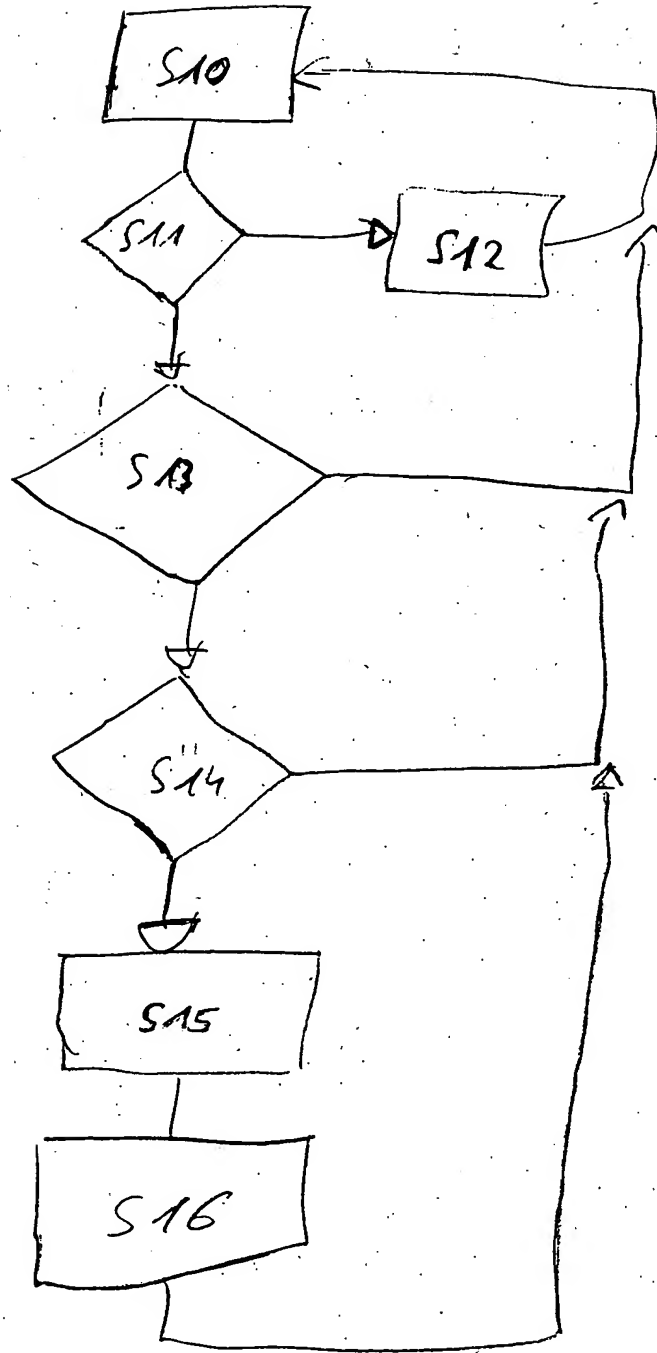


Fig. 36